

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-193358

(43) 公開日 平成7年(1995)7月28日

(51) Int.Cl. <sup>°</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 K 3/10	Z	7511-4E		
B 2 2 D 19/14	C			
23/06				
C 0 4 B 37/02	C			

H 0 1 L 23/ 12

審査請求 有 請求項の数 2 F D (全 6 頁) 最終頁に続く

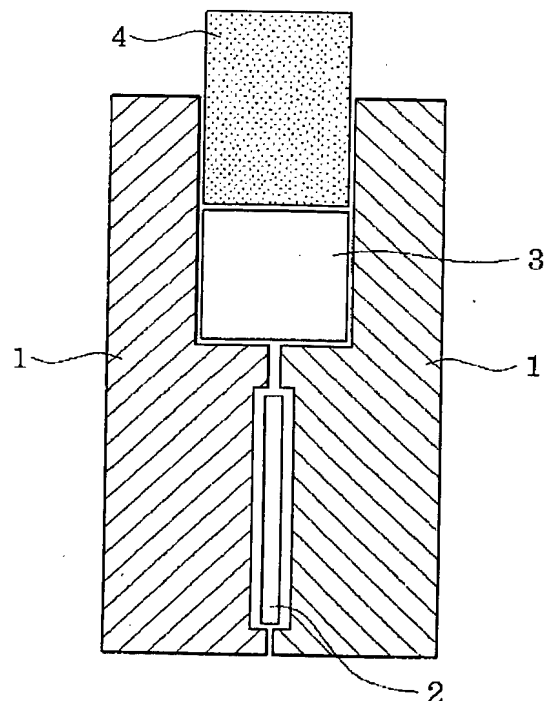
(21) 出願番号	特願平4-355211	(71) 出願人	000224798 同和鉱業株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目8番2号
(22) 出願日	平成4年(1992)12月17日	(72) 発明者	寧 暁山 東京都秋川市油平52番地2 嵯峨窪ハイッ 201号
		(72) 発明者	菅沼 克昭 神奈川県横須賀市久里浜5-11-8コーポ 杉浦302
		(74) 代理人	弁理士 丸岡 政彦

(54) 【発明の名称】 セラミックス電子回路基板の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 ろう接法でアルミニウム-セラミックス複合基板を作製する場合の不十分な安定性、あるいは、非酸化物系セラミックス基板を用いる場合の工程の複雑化、接合強度や耐熱特性の低下等の問題点を解決して、良好な接合強度、熱伝導性、耐熱特性を示すアルミニウム-セラミックス複合基板を安定かつ容易に製造できる製造方法の提供。

【構成】 熔融アルミニウムとセラミックス基板とを直接接触させた状態で保持した後冷却し、アルミニウムとセラミックス基板とを直接接合させることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミックス基板の少なくとも片面に金属導電回路を有するセラミックス電子回路基板の製造において、上記導電回路形成用の金属を溶解した後、セラミックス基板を上記溶融金属と直接接触させた状態で保持して冷却することによって金属とセラミックス基板とを直接接合させることを特徴とするセラミックス回路基板の製造方法。

【請求項2】 上記金属がアルミニウムまたはアルミニウム合金であり、上記セラミックス基板がアルミナ、窒化アルミニウムから選ばれる1種であることを特徴とする請求項1記載のセラミックス電子回路基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は金属とセラミックスとの接合体の製造方法に関するものであり、特にパワーモジュールのような大電力電子装置の実装に好適なアルミニウム-セラミックス複合電子回路基板の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 パワーモジュールのような大電力装置の実装基板としてはセラミックス基板の表面に金属を接合して作製した金属-セラミックス複合電子回路基板が使用され、特に電気及び熱伝導性の優れた銅とアルミナあるいは窒化アルミニウムセラミックスとの複合基板が現在主に使われている。

【0003】 銅とセラミックスとの接合方法として、直接接合法とろう接法がある。前者は酸化物セラミックスと銅との接合のために開発された技術で、接合するときに酸素を含有する銅板を使って、不活性雰囲気中で加熱するか、あるいは無酸素銅を使用して酸化性雰囲気中で加熱することにより、銅とセラミックスを接合させる方法である。この方法で非酸化物セラミックスと銅を接合させる場合、予め非酸化物セラミックスの表面に酸化物を形成しなければならない。例えば特開昭59-3077号に開示されているように、予め空気中において、約1000℃の温度で窒化アルミニウム基板を処理し、表面に酸化物を生成させてから、上述の方法で銅と窒化アルミニウムを接合させる。ろう接法は銅とセラミックスとの間に活性金属のろう材を介して接合する方法であり、この方法では一般にAg-Cu-Ti系ろう材が使用されている。

【0004】 銅-セラミックス複合基板は広く使用されるにもかかわらず、生産中及び実用上幾つかの問題点がある。その中で最も重大な問題点は電子部品の実装及び使用中にセラミックス基板の内部にクラックが生じることにより発生する基板の表裏間の絶縁破壊である。

【0005】 セラミックス基板と銅を接合させる為に、セラミックス基板と銅が1000℃近くまで加熱され、ま

た、パワーモジュール等の電子部品を実装するときに、銅-セラミックス複合基板は400℃近くまで加熱される。セラミックスより銅の熱膨張係数は約一桁大きいいため、室温まで複合基板を冷却するときに、熱膨張係数の違いにより、基板の内部で大きな熱応力が発生する。さらに電子部品の使用環境、及び使用中の発熱により、基板の温度が常に変化し、これに対応して基板に作用する熱応力も変化する。これらの熱応力の作用によって、セラミックス基板にクラックが生じる。そのために、セラミックス電子回路基板の重要な評価項目の一つである耐ヒートサイクル特性、つまり-40℃から125℃までの温度範囲で基板の加熱と冷却とを繰り返した場合に、基板にクラックが発生するまでの繰り返し回数によって評価される特性値は、直接接合法で作製した銅-アルミナ複合基板については20回であるが、ろう接法で作製した同基板のこの特性値は10回以下である。

【0006】 銅と同じような優れた電気と熱伝導性を有するアルミニウムを導電回路材料として使う構想は以前からあった（例えば特開昭59-121890号にこのような構想が記述されている）。アルミニウムは銅より軟らかい。その降伏強度は銅の約1/4である。したがって、アルミニウムを回路材料として使えば、複合基板の内部に発生した残留応力を大幅に緩和できることが予測できる。しかし、上記の特開昭59-121890号の発明ではアルミニウムとセラミックスとの具体的な接合方法は開示されていなかった。特開平3-125463号、特開平4-12554号及び特開平4-18746号はろう接法でアルミニウム-セラミックス複合基板を作製する方法を開示している。これらの文献によると、作製したアルミニウム-セラミックス基板の耐ヒートサイクル特性は200回以上で、銅-セラミックス基板の約10倍である。

【0007】 しかし、上述の公報に開示されているようなろう接法でアルミニウム-セラミックス複合基板を製造するとき、またこのように作成した基板を使用するときには次の問題点がある。

【0008】 1) アルミニウムは酸化しやすいため、上述の公報に開示された方法は真空または高純度不活性ガス雰囲気中において行われなければならない。

【0009】 2) アルミニウムの融点は660℃と低く、ろう接温度をこれに近づけると、アルミニウムは全部溶けて、形状が崩れてしまうか、局部的に溶けて、虫喰いと呼ばれるろう接欠陥が起こる。一方、ろう接温度を低くすると、ろう材とセラミックスとの反応が起こりにくいため、接合体の強度は弱い。本発明の実施例に示すように、Al-Si系のろう合金を使用する場合、ろう接は590℃以上、640℃以下の温度範囲よりさらに狭い温度範囲内で行わなければならない。発明者の経験によると、大量生産の場合、特に真空において複合基板を製造するときには（発熱体からの熱は輻射と伝導だけによって伝達され、対流がないので）、炉内の温度を均一にコ

ントロールすることは非常に困難である。

【0010】3) ろう接法で複合基板を作製する場合は、ろう接温度がアルミニウムの融点660℃以下でなければならない。しかしながら、このような温度では、アルミニウム系ろう材とセラミックスとの濡れ性がよくない。従って、この方法で複合基板を製造するときには、未接欠陥が発生しやすい。

【0011】4) アルミナ基板なら直接ろう接できるが、窒化アルミニウムセラミックス基板の場合、銅を直接接合する場合と同じように、予め窒化アルミニウム基板の表面を酸化処理しなければならない。この方法では工程が複雑になるだけではなく、窒化アルミニウム基板は本来高熱伝導の要求に対応する為に開発されたものであるのに、表面に酸化物が形成されると、熱伝導特性に悪影響を与えることは言うまでもない。

【0012】5) 銅-セラミックス複合基板の場合と同様に、ろう接法で作製した基板の耐ヒートサイクル特性は直接接合法で作製したものより低いと考えられる。これは基板の作製に使用するろう合金は純金属より硬く、塑性変形が起こりにくいので、応力の緩和に不利な影響を与える為である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、ろう接法でアルミニウム-セラミックス複合基板を作製する工程に於いては、安定性などの問題点があり、また、セラミックス基板が非酸化物系のものである場合、製造工程が複雑になるという問題点がある。さらに、このように作製した複合基板は接合強度及び耐熱特性等の面において必ずしも最適ではないと考えられる。

【0014】本発明はこのような問題点を克服し、より良い接合強度、熱伝導性、及び耐熱特性を有するアルミニウム-セラミックス複合基板を製造するための、安定且つ便利な製造方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明者等はかかる課題を解決するために鋭意研究した結果、アルミニウム-セラミックス複合基板を製造するための斬新な製造方法を見だし、本発明を提供することができた。

【0016】すなわち本発明は、(1)セラミックス基板の少なくとも片面に金属導電回路を有するセラミックス電子回路基板の製造において、(ア)上記導電回路形成用の金属をあらかじめ溶解してから、鋳型に鋳込むか、もしくは鋳型において上記金属を溶解すること、イ)上記鋳型の所定の場所に予めセラミックス基板を配置しておくか、もしくは上記溶融金属の中へセラミックス基板を差し込むかすることによって、セラミックス基板を上記溶融金属と直接接触させること、(ウ)上記セラミックス基板と上記溶融金属を接触させた状態で保持した後冷却し、金属とセラミックス基板を直接接合させることを特徴とするセラミックス電子回路基板の製造方

法；(2)上記金属がアルミニウムまたはその合金であり、上記セラミックス基板がアルミナ、窒化アルミニウムまたはその他の電子装置の実装に好適なセラミックス基板である上記の製造方法；に関するものである。

【0017】

【作用】発明者等の以前の研究によれば、大気中において加熱すると、アルミニウムの表面に厚い酸化物(アルミナ)の層が形成されるので、アルミニウムとセラミックスとの接合はできない。真空及び不活性雰囲気中においては、アルミニウムとセラミックスとを接合できるが、接合界面部分に薄い酸化物の層が検出され、アルミニウムとセラミックスはアルミニウム表面の薄い酸化膜を介して接合していることがわかる。アルミナに覆われているアルミニウムはセラミックスに対して濡れ性が良くないため、このように作製した接合体の界面部分には未接部が形成され易く、接合強度がばらついていた。

【0018】このような酸化膜による悪影響を抑えるために、発明者らは以前からアルミニウムに合金元素Si、Ti等を添加し、その効果について調べた。Siには表面の酸化膜を薄くする効果があり、Tiは界面での反応を促進する役割をする。またSiとTiを同時に添加する場合、接合体の強度及び安定性の改善に最も有効であることが確認された。しかし、いずれの場合も、接合体の界面部分から酸化物が検出され、アルミニウムとセラミックスは依然として、酸化膜を介して接合していることが分った。

【0019】アルミニウム表面の酸化物アルミナは化学的に非常に安定で、他の物質と反応しにくい。従って、これが界面に存在すると、アルミニウムとセラミックス基板との接合を妨げることが考えられる。

【0020】発明者等が以前行ったアルミニウムとセラミックス粉末との焼結体に関する研究では、アルミニウムとセラミックス粉末の間に酸化膜が介在せず、直接接合している部分があり、またその間にアルミニウムとセラミックスとの反応生成物が形成されていることが判明した。これは粉末を混合、加圧成形する際にアルミニウム粉末表面の酸化膜が破られ、アルミニウムとセラミックス粉末とが直接接触している状態で加熱されたためであると考えられる。この事はアルミニウムとセラミックスとの直接接合の可能性を示唆している。

【0021】本発明者らはアルミニウム表面の酸化膜を除去し、良質な金属-セラミックス複合基板を作製するためにいろいろ試みたが、以下の手段が有効であることがわかった。

【0022】1) 金属を溶解し、金属溶湯表面の酸化膜を破るために金属溶湯とセラミックス基板の間に相対運動を起こさせた。もっと具体的に言うと、鋳型の所定の場所に予めセラミックス基板を設置してから溶湯を鋳込むか、鋳込んだ溶融金属の中へセラミックス基板を差し込むかすることによって、セラミックス基板を溶融金属と

の間に相対運動を起こさせる。

【0023】2) 温度が高くなると、金属表面の酸化膜が分解しやすい為、溶湯の温度を高くすることが好ましい。しかし、溶湯を高温に加熱するには余分のエネルギーが必要であると同時に溶湯の蒸発及び溶湯と鋳型との反応が激しくなる等好ましくないことが起こるので、適切な溶湯温度は700℃以上、1000℃以下の範囲であり、この温度範囲では健全な複合基板が作製できる。

【0024】3) 溶湯表面の酸化をできるだけ抑えるために、溶湯の鋳込み及び基板の差し込みはできるだけ迅速に行う。また製造は大気中において行ってもかまわないが、酸化防止のために溶解及び鋳込みは真空または不活性雰囲気中において行うことが好ましい。

【0025】なお、電子回路のパターンの形成方法については、予め鋳型に回路パターンの模様を形成し、直接回路パターンを形成するか、べたのアルミニウム層を形成した後、エッチング法で回路パターンを形成する方法がある。

【0026】

【実施例1】図1に示すように黒鉛鋳型1の中に厚さ0.635mmのアルミナ（セラミックス）基板2とアルミニウム原料3および黒鉛ピストン4を設置し、これをそれぞれ700℃（実験1）、800℃（実験2）、900℃（実験3）、1000℃（実験4）に加熱した炉の中に入れた。ア＊

＊ルミニウム原料が溶けて、ピストンの重量で、アルミナ基板を設置した部分に入り込んだ後、鋳型を加熱炉から取り出し、室温まで冷却した。なお、本実施例においては、黒鉛鋳型の酸化を防ぐために、加熱および冷却を窒素雰囲気中で行った。このように作製した片面で0.5mm厚さのアルミニウム層を有する複合基板を機械および電解研磨し、光学顕微鏡でアルミニウムの組織を観察し、またこの複合基板から幅4mmのピール強度測定用試料を切り出し、90°ピール強度試験を行った。

【0027】いずれの温度において作製した複合基板も、そのアルミウム部分の組織は非常に緻密で、気孔、巣等鋳物によくある欠陥は一切なかった。また表1に示すように、複合基板の強度は35kg/cm以上で、かつ破壊は界面ではなく、アルミニウム中で起こったので、アルミニウムがアルミナ基板に強固に接合していることがわかった。更に、未接欠陥については、700℃で作製したサンプルの中に多少有るが、800℃以上の温度で作製したサンプルには一切なかった。

【0028】なお、これらの実施例ではアルミナ基板を用いて複合基板を作製したが、発明者の一人は別の発明において、同じ方法で窒化アルミニウム複合基板が作製できることを確認した。

【0029】

【表1】

		セラミック 基 板	ろう 材	雰囲気	作製温度 (℃)	アルミニ ウム組織	ピール強度 (kg/cm)
実 験	1	アルミナ	—	N <sub>2</sub> ガス	700	良好	>35*
	2	アルミナ	—	N <sub>2</sub> ガス	800	良好	>35
	3	アルミナ	—	N <sub>2</sub> ガス	900	良好	>35
	4	アルミナ	—	N <sub>2</sub> ガス	1000	良好	>35
比 較 例	1	窒化アルミ	LS	高真空	650	不良	0.9**
	2	窒化アルミ	MS	高真空	650	不良	2.5**
	3	窒化アルミ	HS	高真空	650	不良	2.5**
	4	アルミナ	LS	高真空	650	不良	20**
	5	アルミナ	MS	高真空	650	不良	23**
	6	アルミナ	HS	高真空	650	不良	29*
	7	アルミナ	LS	高真空	640	良好	0
	8	アルミナ	MS	高真空	640	不良	18**
	9	アルミナ	HS	高真空	580	良好	0
	10	アルミナ	HS	高真空	590	不良	0

\* 未接部面積が10%以下

\*\* 未接部面積が10%以上

本明細書に記述した内容から、上述の実施例に示す方法が唯一の方法ではなく、また本実施例に示すような条件に限定されるべきではないことが容易に理解されよう。

高圧鋳造、ダイカスト、連続鋳造等各種の方法で複合基

板を製造することが可能であり、製造温度での保持時間を長くし、アルミニウムの中に表面酸化物の分解および活性化に役立つ合金元素、または融点を低下させる合金元素例えば Si、Ge、Ti、Mg 等を添加し、セラミ

ックス基板中の焼結助剤をアルミニウムと反応しやすい組成にし、またその量を増えさせるような措置をとれば、もっと低い温度で複合基板が作製できることが容易に考えられる。

#### 【0030】

【比較例1～6】比較のためにろう接法でアルミニウム—セラミックス複合基板を作製した。

【0031】2枚の厚さ0.5mmのアルミニウム板がろう材を介して上下から厚さ0.635mmのセラミックス基板をはさむように、アルミニウム板とセラミックス基板をセットした。この上に更に重りを乗せて、 $10^{-5}$ の真空において、650℃、20分間保持し、アルミニウム板とセラミックス基板をろう接した。使ったセラミックス基板はアルミナと窒化アルミニウム基板の2種類であり、ろう材は厚さ0.2mmの3種類のAl—Si—Ti合金箔であった。その組成は表2に示されている。複合基板の評価は実施例に示した方法と同じ方法で行った。

#### 【0032】

【表2】

ろ う 材	組 成 (WT%)		
	S i	T i	A l
L S	0. 3	0. 2 5	bal.
M S	1. 5	0. 2	bal.
H S	1 2	0. 2	bal.

表1に複合基板の評価結果を合わせて示している。HSろう材でろう接した複合基板はアルミニウム板自身が溶けてしまい、形状が崩れてしまった。MSとLSろう材でろう接した複合基板はアルミニウム板が全部は溶けなかったが、かなりの部分が溶けてしまい、虫喰いろう接欠陥が発生した。これらの試料のピール強度は30kg/cm以下で、特に窒化アルミニウム基板の場合ろう接強度が2.5kg/cm以下であり、基板として要求されるピール強度5kg/cmより低かった。またこれらの複合基板には未接部分の面積がほぼ10%以上あった。

#### 【0033】

【比較例7～8】アルミニウム板の溶解を防ぐために、

ろう接温度を10℃下げて、640℃にし、LSとMSろう材を用いて、アルミニウム—アルミナ複合基板の作製を試みた。しかし、表1に示すように、この温度ではLSろう材によるろう接はできなかった。MSろう材によるろう接はできたが、ろう接強度は650℃でろう接したもののより低くなり、また上述したような虫喰い、未接欠陥が相変わらず発生した。温度をさらに低くすれば虫喰い欠陥をなくせる可能性が有るが、未接欠陥がもっと多くなる可能性が有る。

#### 10 【0034】

【比較例9～10】ろう接温度をHSろう材の溶融温度(約580℃)まで下げて、アルミニウム—アルミナ複合基板の作製を試みた。しかし、このような低い温度ではセラミックス基板とろう材は接合しなかった。また590℃でろう接した場合、アルミニウム板が一部溶けて、虫喰い欠陥が生じた。これ以上温度を高めることはできないことがわかった。

【0035】以上の比較例からわかるようにろう接法で作製したアルミニウム—セラミックス複合基板は本発明の直接接合法で作製したものより、接合強度が低く、また未接欠陥が発生する確率が高い。

#### 【0036】

【発明の効果】本明細書に開示したような本発明の方法によれば、従来のろう接法で作製する場合の未接等のろう接欠陥をなくし、アルミニウムとセラミックス基板との高信頼性、高強度接合が実現できる。これによって、耐ヒートサイクル特性が優れた良質なアルミニウム—セラミックス複合基板が製造できる。

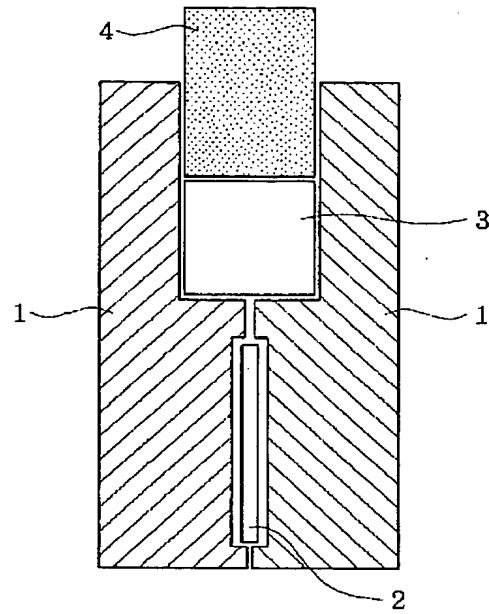
#### 【図面の簡単な説明】

30 【図1】図1は本発明の実施例においてアルミニウム—セラミックス複合基板を作製するときの鋳型の断面図である。

#### 【符号の簡単な説明】

- 1 黒鉛鋳型
- 2 セラミックス基板
- 3 アルミニウム原料
- 4 黒鉛ピストン

【図1】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 23/12

H 0 5 K 3/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

R

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成9年（1997）3月7日

【公開番号】特開平7-193358

【公開日】平成7年（1995）7月28日

【年通号数】公開特許公報7-1934

【出願番号】特願平4-355211

【国際特許分類第6版】

H05K 3/10

B22D 19/14

23/06

C04B 37/02

H01L 23/12

H05K 3/00

【F I】

H05K 3/10 Z 7511-4E

B22D 19/14 C 7356-4K

23/06 8926-4K

C04B 37/02 C 9260-4G

H05K 3/00 R 6921-4E

H01L 23/12 7220-4E

【手続補正書】

【提出日】平成6年3月14日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正内容】

【0028】なお、これらの実施例ではアルミナ基板を用いて複合基板を作製したが、同じ方法で窒化アルミニウム複合基板が作製できることを確認した。